母猪妊娠和哺乳饲粮中硒源和维生素 E 水平对后代仔猪器官指数和血清激素水平的影响[1]

程 林 谌 俊 韩景河 管武太*

（华南农业大学动物科学学院，广州 510642）

摘 要：本试验旨在研究母猪饲粮中硒源和维生素 E 水平对初生仔猪和断奶仔猪器官指数和血清激素水平的影响。试验采用 2×2 因子设计，设 2 个硒源[亚硒酸钠（SS）和酵母硒（SY）]，添加水平均为 0.30 mg/kg（以硒计），设 2 个维生素 E 添加水平（30 和 90 IU/kg）。选用 296 头 3~8 胎次的“长×大”经产母猪，按胎次和体况均衡分配的原则随机分为 4 组，分别为 0.30 mg/kg SS+30 IU/kg 维生素 E 组、0.30 mg/kg SS+90 IU/kg 维生素 E 组、0.30 mg/kg SY+30 IU/kg 维生素 E 组和 0.30 mg/kg SY+30 IU/kg 维生素 E 组，每组 74 个重复，每个重复 1 头猪。试验期为母猪配种第 1 天至仔猪 21 日龄断奶。分别在母猪分娩和断奶当天，各组以窝为单位选取 8 头仔猪（每窝 1 头，体重接近窝平均个体重，且 4 公 4 母），称重后采血并制备血清，检测血清胰岛素（Ins）、胰高血糖素（Glu）、三碘甲状腺原氨酸（T_3）、四碘甲状腺原氨酸（T_4）和胰岛素样生长因子－1（IGF-1）水平。采血后立即屠宰仔猪，分离心脏、肝脏、脾脏、肾脏、胰腺、胸腺和甲状腺等器官并称重。结果表明：1）与添加 SS 相比，母猪饲粮添加 SY 对初生仔猪器官指数均无显著影响（$P>0.05$），但显著提高断奶仔猪甲状腺指数（$P<0.05$），极显著降低断奶仔猪胸腺指数（$P<0.01$），且提高初生仔猪血清 Ins（$P<0.05$）、T_3（$P<0.05$）和 IGF-1 水平（$P=0.086$），极显著降低初生仔猪血清 Glu 和 T_4 水平（$P<0.01$），显著降低断奶仔猪血清 T_4 水平（$P<0.05$）。2）与添加 30 IU/kg 维生素 E 相比，母猪饲粮中添加 90 IU/kg 维生素 E 提高初生仔猪胰脏指数（$P<0.05$）、胸腺指数（$P<0.05$）以及断奶仔猪脾脏指数（$P<0.01$）和胰脏指数（$P=0.056$），显著降低初生仔猪血清 Glu 水平（$P<0.05$），但对断奶仔猪血清激素均无显著影响（$P>0.05$）。3）初生仔猪胸腺指数和断奶仔猪血清 T_4 水品受母猪饲粮中硒源和维生素 E 水平的交互作用影响（$P<0.05$）。由此可知，在母猪妊娠期和哺乳期饲粮中添加不同硒源和维生素 E 水品会影响到初生仔猪和断奶仔猪内脏器官的发育，并且添加 SY 比添加 SS 可提高初生仔猪血清 IGF-1、Ins 和 T_3 水平；此外，SY 和 VE 可通过互作效应促进断奶仔猪血清中 T_4 向 T_3 转化。

关键词：硒源；维生素 E 水平；母猪；仔猪；器官指数；激素水平

中图分类号：S828

硒和维生素 E 均为动物机体所必需的营养因子，两者在动物生长发育、免疫和抗氧化方面具有协同、互补和增效作用[1]。维生素 E 可清除细胞中的自由基，而含硒的谷胱甘肽过氧化物酶则可清除细胞中形成的过氧化物，两者可共同保护细胞膜免受破坏[2]。现有研究表

收稿日期：2017－09–09

基金项目：广东省生猪产业技术体系岗位专家研究专项

作者简介：程 林（1989—），男，湖北洪湖人，硕士研究生，动物营养与饲料科学专业。E-mail: 1287485606@qq.com

*通信作者：管武太，教授，博士生导师，E-mail: wtguan@scau.edu.cn

明，随着母猪胎次的增加，母猪体内的硒及维生素 E 储备逐渐减少，乳中硒和α–生育酚会随之降低[3]，且现代养殖场采取早期断奶措施使得仔猪采食的母乳减少，会加剧这一状况。母源硒主要通过胎盘和乳腺转运给仔猪[4]。不同硒源的母猪－仔猪传递效率并不相同，有机硒通过胎盘转运给胎儿的效率要比无机硒高，这使得发育中的胎儿及初生仔猪具有较高的硒水平[5]，且胎儿体长、体重及蛋白质含量会增加[6]；有机硒通过乳腺转运给仔猪效率也要比无机硒高，Anan 等[7]通过 Wistar 母鼠的饲养试验，发现有机硒比无机硒更易转运至母乳中，Zhan 等[8]研究发现有机硒提高了母猪初乳及常乳中硒的含量，从而提高断奶仔猪血清、肝脏、肾脏、胰脏、胸腺、甲状腺及肌肉中的硒含量。母猪乳汁及其哺乳仔猪血液中维生素 E 含量也会受饲粮中维生素 E 水平的影响[9]。Mahan[10]报道，随着母猪饲粮中维生素 E 水平的提高（添加量分别为 22、44 和 66 IU/kg），母猪乳汁及断奶仔猪血清中α–生育酚含量增加。本课题组已报道母猪饲粮中添加不同硒源和维生素 E 水平对母猪繁殖性能及抗氧化能力的影响[11]及对后代仔猪抗氧化能力的影响[12]，但这是否与不同硒源和维生素 E 水平对仔猪器官的发育和激素调节起到一定的作用有关，则未有研究报道。因此，本试验在母猪一个繁殖周期内研究了饲粮不同硒源和维生素 E 水平及其互作对母猪后代器官指数及血清激素水平的影响。

1　材料与方法

1.1　试验材料

本试验中所使用的酵母硒由美国奥特奇公司提供，产品成分分析保证值：2 000~2 600 mg/kg，有机硒≥98%。维生素 E 购自浙江新维普添加剂有限公司，产品成分分析保证值：*DL*－α－生育酚乙酸酯≥50%。

1.2　试验设计与饲养管理

试验采用 2×2 因子设计，设 2 个硒源[亚硒酸钠(SS)和酵母硒（SY）]，添加水平均为 0.30 mg/kg，设 2 个维生素 E 添加水平（30 和 90 IU/kg）。选用 296 头 3~8 胎次[平均胎次（5.13±0.22）]的“长×大”经产母猪，按胎次、体况和预产期等均衡分配的原则随机分为 4 组，分别为 0.30 mg/kg SS+30 IU/kg 维生素 E 组（1 组）、0.30 mg/kg SS+90 IU/kg 维生素 E 组（2 组）、0.30 mg/kg SY+30 IU/kg 维生素 E 组（3）组和 0.30 mg/kg SY+30 IU/kg 维生素 E 组（4 组），每组 74 个重复，每个重复 1 头猪。

饲养试验于 2013 年 6 月~12 月在广东长江食品集团江门市台山汶村猪场进行。猪场设施齐全，饲养管理按照猪场的日常管理程序及常规免疫程序进行。试验从配种第 1 天开始至仔猪 21 日龄断奶结束。妊娠前期（配种后第 1~50 天）每头母猪饲喂量为 2.5 kg/d，妊娠中期（配种后第 51~84 天）和妊娠后期（配种后第 85 天~112 天）饲喂量为 2.5~3.5 kg/d（视膘情而定）。产前第 2 天转入分娩舍，分娩当天不喂料，随后每天饲喂量增加 1 kg，至分娩第 5 天母猪开始自由采食，试验全期自由饮水。仔猪出生后 48 h 内组内交叉寄养，使每窝仔猪头数为（10±1）头，哺乳仔猪不饲喂教槽料。

1.3　试验饲粮

试验基础饲粮为玉米－豆粕型饲粮，分为妊娠母猪前期料、妊娠母猪中期料和妊娠后期及哺乳母猪料（配种后第 85 天~哺乳第 21 天），各项营养指标均满足妊娠及泌乳母猪的营养需要（NRC，1998），其组成及营养水平表见表 1。

表 1　基础饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of basal diets (air-dry basis)　　　%

项目 Items	妊娠前期 Early stage of gestation	妊娠中期 Middle stage of gestation	妊娠后期及哺乳期 Late stage of gestation and lactation
原料 Ingredients			
玉米 Corn	51.60	56.75	58.68
麦麸 Wheat bran	30.00	20.00	8.00
统糠 Rice bran and hull	4.00	2.00	0.00
豆粕 Soybean meal	11.00	18.00	24.00
鱼粉 Fish meal	0.00	0.00	2.00
棕榈油 Palm oil	0.00	0.00	4.00
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	0.30	0.30	0.30
石粉 Limestone	1.60	1.60	1.60
小苏打 $NaCO_3$	0.20	0.20	0.20
元明粉 Anhydrous sodium sulfate	0.30	0.30	0.30
食盐 NaCl	0.30	0.30	0.30
氯化胆碱 Choline chloride （50%）	0.20	0.20	0.20
维生素 C Vitamin C (95%)	0.00	0.00	0.02
L-赖氨酸盐酸盐 *L*-Lys•HCl	0.10	0.05	0.00
L-苏氨酸 *L*-Thr	0.10	0.00	0.10
预混料 Premix[1)]	0.30	0.30	0.30
合计 Total	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]			
消化能 DE(MJ/kg)	11.97	12.73	14.31
粗蛋白质 CP	14.36	16.05	17.99
粗灰分 Ash	6.39	6.09	5.92
粗脂肪 EE	3.18	3.10	6.82
钙 Ca	0.93	0.94	1.02
总磷 TP	0.84	0.80	0.79
有效磷 AP	0.48	0.47	0.52
可消化赖氨酸 DLys	0.59	0.68	0.84
可消化蛋氨酸＋可消化半胱氨酸 DMet+DCys	0.36	0.42	0.49
可消化色氨酸 DTry	0.13	0.15	0.18
可消化苏氨酸 DThr	0.48	0.57	0.68
维生素 E Vitamin E/(IU/kg)[3)]	46(106)	46(106)	45(105)
硒 Se/(mg/kg)	0.35	0.35	0.35

[1)] 预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of diets：VA 13 000 IU，VE（1 组和 3 组为 30 IU，2 组和 4 组为 90 IU 30 IU in groups 1 and 3, and 90 IU in groups 2 and 4），VD_3 4 000 IU，VK_3 4 mg，VB_1 4 mg，VB_2 10 mg，VB_6 4.8 mg，VB_{12} 0.034 mg，烟酸 nicotinic acid 40 mg，*D*-泛酸 *D*-pantothenic acid 20 mg，叶酸 folic acid 2 mg，*D*-生物素 *D*-biotin 0.16mg，Fe (as ferrous sulfate) 80 mg，Cu (as copper

sulfate) 5 mg，Zn (as zinc sulfate) 50 mg，Mn (as manganese sulfate) 20 mg，I (as potassium iodide) 0.14 mg，Se 0.30 mg（1 组和 2 组添加形式为亚硒酸钠，3 组和 4 组添加形式为酵母硒 sodium selenite in groups 1 and 2, and selenium yeast in groups 3 and 4）。

2)营养水平均为计算值。Nutrient levels were all calculated values.

3) 括号外或括号内均为计算值，对应的分别是添加 30 或 90 IU/kg 维生素 E 饲粮。The calculated vitamin E value outside or inside bracket referred to 30 or 90 IU/kg VE supplemental diet, respectively.

1.4 指标测定

1.4.1 母猪繁殖性能测定

记录各组母猪哺乳期采食量、窝产仔数、活仔数、仔猪初生窝重、断奶头数和断奶窝重。

1.4.2 仔猪器官指数测定

为了检测仔猪器官的生长发育情况，分别于母猪分娩时和分娩后 21 天断奶时，各组以窝为单位选取 8 头仔猪（体重接近窝平均个体重，公母各占 1/2），称重后采集全血，屠宰并分离心脏、肝脏、脾脏、肾脏、胰脏、胸腺和甲状腺，对各个器官进行称重并记录，计算心脏指数、肝脏指数、脾脏指数、肾脏指数、胰脏指数、胸腺指数和甲状腺指数，计算公式为：

器官指数（%）=100×器官鲜重/宰前活体重。

1.4.3 仔猪血清激素水平测定

初生仔猪和 21 日龄断奶仔猪血清中胰岛素（Ins）、胰高血糖素（Glu）、三碘甲状腺原氨酸（T_3）和四碘甲状腺原氨酸（T_4）水平采用放射免疫法（RIA）测定，检测试剂盒购自天津九鼎医学生物工程有限公司，所用仪器为科大中佳 GC–1200 型γ放射免疫计数器；胰岛素样生长因子－1（IGF-1）水平采用酶联免疫吸附试验（ELISA）试剂盒测定，检测试剂盒购自上海蓝基生物科技有限公司。

1.5 数据统计分析

试验数据采用 SPSS 19.0 统计软件中 GLM 程序进行 2×2 因子方差分析，差异显著时，采用 LSD 法对不同硒源与维生素 E 水平的 4 种组合进行多重比较。设定以 P<0.01 为差异极显著，P<0.05 为差异显著，P<0.10 为有升高或降低趋势。表中数据均以平均值±标准误表示。

2 结 果

2.1 母猪繁殖性能

母猪哺乳期采食量不受饲粮处理的影响（P＞0.10）。相比无机硒，母猪饲粮中添加有机硒提高产活仔数（P=0.082）、初生窝重（P=0.023）和断奶头数（P=0.051），但母猪繁殖性能不受饲粮中不同维生素 E 水平以及硒源和维生素 E 水平交互作用的影响（P＞0.10）（数据未列出，详见文献[11]）。

2.2 母猪妊娠和哺乳饲粮中硒源和维生素 E 水平对后代仔猪器官指数的影响

由表 2 可知，硒源对初生仔猪心脏指数、肝脏指数、脾脏指数、肾脏指数、胰脏指数和胸腺指数均无显著影响（P>0.05）；饲粮中添加高水平的维生素 E 显著提高初生仔猪胰脏指数和胸腺指数（P<0.05）。硒源和维生素 E 水平对初生仔猪胸腺指数有显著交互作用

（P<0.05），其中 3 组和 4 组的胸腺指数显著高于 1 组(P<0.05)。

由表 3 可知，母猪饲粮中添加 SY 比添加 SS 显著提高断奶仔猪的甲状腺指数（P<0.05），极显著降低胸腺指数（P<0.01）；饲粮添加高水平的维生素 E 显著提高断奶仔猪的脾脏指数（P<0.05），有提高胰脏指数的趋势（P=0.056）。硒源和维生素 E 水平对断奶仔猪脾脏指数有显著交互作用的趋势（P=0.052）。

2.3　母猪妊娠和哺乳饲粮中硒源和维生素 E 水平对后代仔猪血清激素水平的影响

由表 4 可知，母猪饲粮中添加 SY 比添加 SS 显著提高初生仔猪血清 Ins 和 T_3 水平（P<0.05），血清 IGF-1 水平也有提高的趋势（P=0.086），极显著降低血清 Glu 和 T_4 水平（P<0.01）；饲粮添加高水平的维生素 E 显著降低初生仔猪血清 Glu 水平（P<0.05），对血清 IGF-1、Ins、T_3 和 T_4 水平均无显著影响（P>0.05）。硒源和维生素 E 水平对初生仔猪血清激素水平无显著交互作用（P>0.05）。

由表 5 可知，饲粮中添加 SY 比添加 SS 能显著降低断奶仔猪血清 T_4 水平（P<0.05），对血清 IGF-1、Ins、Glu 和 T_3 水平均无显著影响（P>0.05）；饲粮添加不同维生素 E 水平对 21 日龄断奶仔猪血清激素水平的影响无显著差异（P>0.05）。硒源和维生素 E 水平对断奶仔猪血清 T_4 水平有显著的交互作用（P<0.05），其中 4 组的血清 T_4 水平显著低于 1 组（P<0.05）。

表 2　母猪妊娠和哺乳饲粮中硒源和维生素 E 水平对初生仔猪器官指数的影响

Table 2　Effects of dietary selenium source and vitamin E level during sows' gestation and lactation on organ indices of neonate piglets　　　　%

项目 Items	亚硒酸钠 SS		酵母硒 SY		亚硒酸钠 SS	酵母硒 SY	维生素 E Vitamin E (30 IU/kg)	维生素 E Vitamin E (90 IU/kg)	*P* 值 *P*-value		
	维生素 E Vitamin E (30 IU/kg)	维生素 E Vitamin E (90 IU/kg)	维生素 E Vitamin E (30 IU/kg)	维生素 E Vitamin E (90 IU/kg)					硒源 Selenium source	维生素 E 水平 Vitamin E level	硒源×维生素 E 水平 Selenium×Vitamin E level
重复数 *n*	8	8	8	8	16	16	16	16			
心脏指数 Heart index	0.65±0.02	0.72±0.02	0.69±0.04	0.68±0.02	0.68±0.01	0.69±0.02	0.67±0.02	0.70±0.01	0.823	0.246	0.073
肝脏指数 Liver index	2.62±0.19	2.94±0.11	2.89±0.21	2.83±0.11	2.78±0.12	2.86±0.11	2.76±0.14	2.89±0.08	0.614	0.428	0.241
脾脏指数 Spleen index	0.089±0.006	0.094±0.002	0.088±0.007	0.097±0.007	0.091±0.003	0.093±0.005	0.088±0.005	0.096±0.004	0.761	0.196	0.762
肾脏指数 Kidney index	0.73±0.05	0.65±0.02	0.75±0.07	0.65±0.03	0.69±0.03	0.71±0.04	0.74±0.04	0.65±0.02	0.758	0.065	0.877
胰脏指数 Pancreas index	0.078±0.005^{b}	0.094±0.005^{a}	0.090±0.004^{a}	0.096±0.004^{a}	0.086±0.003	0.093±0.003	0.084±0.004^{b}	0.095±0.004^{a}	0.171	0.030	0.259
胸腺指数 Thymus index	0.059±0.004^{Bb}	0.088±0.005^{Aa}	0.080±0.005^{ABa}	0.080±0.008^{ABa}	0.075±0.005	0.080±0.004	0.070±0.004^{b}	0.084±0.005^{a}	0.388	0.022	0.022

同行数据肩标无字母或相同小写字母表示差异不显著(*P*>0.05)，不同小写字母表示差异显著(*P*<0.05)，不同大写字母表示差异极显著(*P*<0.01)。下表同。

In the same row, values with no letter or the same small letter superscripts mean no significant difference (*P*>0.05), while with different small letter superscripts mean significant difference (*P*<0.05), and with different capital letter superscripts mean significant difference (*P*<0.01). The same as below.

表 3 母猪妊娠和哺乳饲粮中硒源和维生素 E 水平对断奶仔猪器官指数的影响

Table 3 Effects of dietary selenium source and vitamin E level during sows' gestation and lactation on organ indices of weaned piglets %

项目 Items	亚硒酸钠 SS		酵母硒 SY						P 值 P-value		
	维生素 E Vitamin E (30 IU/kg)	维生素 E Vitamin E (90 IU/kg)	维生素 E Vitamin E (30 IU/kg)	维生素 E Vitamin E (90 IU/kg)	亚硒酸钠 SS	酵母硒 SY	维生素 E Vitamin E (30 IU/kg)	维生素 E Vitamin E (90 IU/kg)	硒源 Selenium source	维生素 E 水平 Vitamin E level	硒源×维生素 E 水平 Selenium×Vitamin E level
重复数 *n*	8	8	8	8	16	16	16	16			
心脏指数 Heart index	0.52±0.01	0.56±0.03	0.55±0.02	0.51±0.02	0.54±0.02	0.53±0.01	0.53±0.01	0.54±0.02	0.672	0.887	0.059
肝脏指数 Liver index	2.87±0.10	2.76±0.10	2.85±0.12	2.94±0.11	2.81±0.07	2.89±0.08	2.86±0.07	2.85±0.08	0.459	0.940	0.381
脾脏指数 Spleen index	0.178±0.014[Bb]	0.278±0.023[Aa]	0.195±0.014[Bb]	0.218±0.024[ABb]	0.228±0.018	0.206±0.014	0.186±0.010[B]	0.248±0.018[A]	0.275	0.003	0.052
肾脏指数 Kidney index	0.61±0.03	0.61±0.04	0.65±0.03	0.58±0.07	0.61±0.02	0.65±0.02	0.63±0.02	0.63±0.02	0.229	1.000	0.909
胰脏指数 Pancreas index	0.111±0.009	0.133±0.010	0.128±0.007	0.140±0.008	0.123±0.007	0.132±0.006	0.119±0.006	0.136±0.006	0.294	0.056	0.695
胸腺指数 Thymus index	0.093±0.007[ab]	0.096±0.007[a]	0.078±0.006[ab]	0.074±0.006[b]	0.094±0.005[A]	0.076±0.004[B]	0.085±0.005	0.085±0.005	0.007	1.000	0.565
甲状腺指数 Thyroid index	0.012±0.001[ab]	0.010±0.001[b]	0.014±0.001[a]	0.013±0.001[a]	0.011±0.001[b]	0.014±0.001[a]	0.013±0.001	0.012±0.001	0.030	0.205	0.502

表 4　母猪妊娠和哺乳饲粮中硒源和维生素 E 水平对初生仔猪血清激素水平的影响

Table 4　Effects of dietary selenium source and vitamin E level during sows' gestation and lactation on serum hormone levels of neonate piglets

项目 Items	亚硒酸钠 SS		酵母硒 SY		亚硒酸钠 SS	酵母硒 SY	维生素 E Vitamin E (30 IU/kg)	维生素 E Vitamin E (90 IU/kg)	*P* 值 *P*-value		
	维生素 E Vitamin E (30 IU/kg)	维生素 E Vitamin E (90 IU/kg)	维生素 E Vitamin E (30 IU/kg)	维生素 E Vitamin E (90 IU/kg)					硒源 Selenium source	维生素 E 水平 Vitamin E level	硒源×维生素 E 水平 Selenium×Vitamin E level
重复数 *n*	8	8	8	8	16	16	16	16			
胰岛素样生长因子－1 IGF-1/(ng/mL)	425.67±22.69	464.99±31.61	504.32±40.13	505.80±33.74	445.33±19.48	505.06±24.72	465.00±25.38	485.39±22.83	0.086	0.541	0.570
胰岛素 Ins/（μIU/mL）	4.12±0.10^{b}	4.13±0.18^{b}	4.52±0.10^{a}	4.28±0.13^{ab}	4.12±0.10^{b}	4.40±0.08^{a}	4.32±0.09	4.21±0.11	0.048	0.403	0.355
胰高血糖素 Glu（ng/L）	392.25±47.42^{Aab}	302.86±30.88^{ABa}	248.32±18.97^{Bab}	203.29±18.18^{Bb}	347.55±30.56^{A}	225.80±14.48^{B}	320.29±33.99^{a}	253.07±23.68^{b}	0.001	0.047	0.487
三碘甲状腺原氨酸 T_3/（ng/mL）	0.68±0.16^{a}	0.48±0.03^{b}	0.81±0.11^{a}	0.86±0.07^{a}	0.58±0.08^{b}	0.83±0.06^{a}	0.74±0.09	0.67±0.07	0.026	0.477	0.245
四碘甲状腺原氨酸 T_4/（ng/mL）	133.39±7.36^{ABa}	141.00±14.40^{Aa}	100.37±4.60^{Bb}	100.62±6.17^{Bb}	137.20±7.73^{A}	100.50±3.63^{B}	116.88±6.86	120.81±9.99	0.001	0.667	0.686

表 5　母猪妊娠和哺乳饲粮中硒源和维生素 E 水平对断奶仔猪血清激素水平的影响

Table 5　Effects of dietary selenium source and vitamin E level during sows' gestation and lactation on serum hormone levels of weaned piglets

项目 Items	亚硒酸钠 SS		酵母硒 SY		亚硒酸钠 SS	酵母硒 SY	维生素 E Vitamin E (30 IU/kg)	维生素 E Vitamin E (90 IU/kg)	P 值 P-value		
	维生素 E Vitamin E (30 IU/kg)	维生素 E Vitamin E (90 IU/kg)	维生素 E Vitamin E (30 IU/kg)	维生素 E Vitamin E (90 IU/kg)					硒源 Selenium source	维生素 E 水平 Vitamin E level	硒源×维生素 E 水平 Selenium×Vitamin E level
重复数 *n*	8	8	8	8	16	16	16	16			
胰岛素样生长因子－1 IGF-1/(ng/mL)	306.39±28.73	319.59±16.07	264.81±32.25	267.69±38.86	312.99±15.67	266.25±23.81	285.60±21.51	293.64±21.63	0.141	0.793	0.866
胰岛素 Ins/（μIU/mL）	4.31±0.17	4.23±0.12	4.42±0.18	4.48±0.10	4.27±0.10	4.45±0.10	4.36±0.12	4.35±0.08	0.231	0.957	0.620
胰高血糖素 Glu（ng/L）	459.01±53.36	449.95±37.88	416.66±52.26	347.54±51.75	454.48±30.88	382.10±36.53	437.83±35.91	398.75±34.72	0.161	0.439	0.550
三碘甲状腺原氨酸 T_3/（ng/mL）	1.86±0.36	2.30±0.26	1.87±0.26	2.55±0.57	2.08±0.22	2.21±0.32	1.87±0.21	2.42±0.30	0.737	0.164	0.764
四碘甲状腺原氨酸 T_4/（ng/mL）	122.20±7.25^{ABa}	133.77±7.00^{Aa}	122.12±4.69^{ABa}	97.90±6.73^{Bb}	127.99±5.13^{a}	110.01±5.59^{b}	122.16±4.07	115.84±7.53	0.014	0.345	0.014

3 讨 论

3.1 母猪妊娠和哺乳饲粮中硒源和维生素 E 水平对后代仔猪器官指数的影响

母畜妊娠阶段的营养对胎盘和胎儿的生长发育至关重要。妊娠母畜微量营养影响胎儿的生长和成活率，生长所需的微量元素缺乏会影响胎儿和初生仔猪器官的相对生长以及形态学的发育[13]。器官指数在一定程度上反映了该器官的发育情况和机能状态，在探讨母猪饲粮中不同硒源与维生素 E 水平对初生仔猪和断奶仔猪的影响时，除了以生产性能作为主要依据外，也可以结合初生仔猪和断奶仔猪器官指数的差异来判定。彭西[14]报道，高硒对雏鸡胸腺的影响明显，更高水平的硒对胸腺发育的抑制作用更加明显，且存在明显的剂量效应关系。李星[15]研究表明，母猪妊娠后期和泌乳期补充不同硒源对 28 日龄断奶仔猪的肝脏、肾脏、胰脏、脾脏和甲状腺指数的影响差异不显著，但相较于 SS，饲粮中添加 *DL*–蛋氨酸硒使断奶仔猪胸腺指数提高了 36.37%。本试验结果显示，母猪饲粮中添加不同硒源对初生仔猪器官指数和断奶仔猪心脏、肝脏、脾脏、肾脏和胰脏指数均无显著影响，但与 SS 相比，添加 SY 显著提高了断奶仔猪甲状腺指数，却降低了胸腺指数，这与李星[15]研究结果并不完全一致。其可能原因是：试验周期长（母猪配种第 1 天至仔猪断奶第 21 天），有机硒通过胎盘转运给胎儿的效率高于无机硒，使发育中的胎儿及初生仔猪机体贮存较高水平的硒[6]，且有机硒通过乳腺转运给后代的效率比无机硒高[7]。本试验之前的研究发现饲粮中添加 SY 提高了泌乳母猪初乳及常乳中硒的含量，断奶仔猪胸腺中硒含量比 SS 高 20%[12]，胸腺中蓄积的高水平的硒抑制了断奶仔猪胸腺的发育。Farnworth 等[16]报道，随着母猪饲粮中维生素 E 水平的升高，妊娠第 90 天胎儿肾脏重有下降的趋势，与本研究中高水平维生素 E 组初生仔猪肾脏指数有下降趋势（P=0.065）的结果一致。高宁等[17]研究发现，维生素 E 对小鼠脾脏重量有显著影响，本试验研究结果与之前的研究一致，饲粮中添加 90 IU/kg 的维生素 E 显著提高了断奶仔猪的脾脏指数，促进了仔猪脾脏的发育。本试验结果还表明，饲粮中添加高水平的维生素 E 显著增加了初生仔猪胰脏指数和胸腺指数，有助于初生仔猪的消化和免疫系统的完善，且硒源和维生素 E 水平对初生仔猪的胸腺指数互作效应显著，表明在饲粮中添加 SY 或高水平维生素 E，均可以显著提高初生仔猪胸腺指数，完善初生仔猪免疫器官的发育，从而提高本试验中的活仔数。

3.2 母猪妊娠和哺乳饲粮中硒源和维生素 E 水平对后代仔猪血清激素水平的影响

硒和维生素 E 可提高机体抗氧化能力，进而保护分泌 IGF-1 的细胞免受损伤，促进 IGF-1 的分泌[18]。Gunter 等[19]报道，SY 组初生犊牛和哺乳牛血清 IGF-1 水平与无机硒组没有显著差异，这与本试验结果基本一致，可能原因是：动物血清 IGF-1 水平受饲粮硒影响的同时，也可能受到试验周期、动物日龄、性别、运动状况、应激水平、营养水平及疾病的影响[14]。

硒影响胰腺内分泌功能，胰腺内分泌激素主要成分包括 Ins 和 Glu，由于胰岛内超氧化物歧化酶（SOD）含量低并含有大量的内质网结构，使得胰岛对过氧化应激比较敏感。张桂珍等[20]发现，硒对胰岛细胞的保护主要体现在保护胰岛内分泌细胞中内质网结构的完整，低

硒会导致大鼠胰岛 B 和 D 细胞功能障碍，使血清 Ins、C 肽及生长抑素水平降低，通过补充硒可缓解。本试验结果显示，饲粮中添加 SY 能显著提高初生仔猪血清 Ins 水平，极显著降低血清 Glu 水平，可能原因是 SY 通过胎盘转运给胎儿的效率比 SS 高[5]，本试验之前的研究发现饲粮中添加 SY 使初生仔猪和断奶仔猪胰腺中的硒含量比 SS 分别高 32.2%和 17.9%[12]，从而保护了胰岛内分泌细胞中内质网结构的完整，促进了 Ins 的分泌，而 Ins 会抑制 Glu 的分泌，促进胎儿在母体内进行糖原、脂肪和蛋白质的合成，有利于仔猪机体的发育，从而提高了本试验中仔猪的初生窝重和断奶窝重。

硒是脱碘酶活性中心的重要组成部分，通过脱碘酶的作用，T_4 转化为 T_3，机体内真正起甲状腺激素作用的是 T_3，其生物活性是 T_4 的 5~8 倍。硒缺乏会导致脱碘酶活性降低，减少 T_3 的生成量，影响机体物质和能量代谢，使动物生长发育受阻。李星[15]报道，母猪妊娠后期和泌乳期添加有机硒比无机硒提高了断奶仔猪血清 T_3 水平，降低了血清 T_4 水平。在本试验中，SY 显著提高初生仔猪血清 T_3 水平，极显著降低了血清 T_4 水平，也显著降低了断奶仔猪血清 T_4 水平，这与之前的研究一致，可能机理是 SY 通过胎盘转运给胎儿的效率[5]以及通过乳腺转运给仔猪效率[7]要比 SS 高，本试验之前的研究发现饲粮中添加 SY 使断奶仔猪甲状腺中的硒含量相比 SS 显著升高[12]，从而增强了垂体脱碘酶的活性，促进低活性的 T_4 向高活性的 T_3 的转化，有助于仔猪的生长发育。

母猪饲粮中添加不同水平的维生素 E 对后代血清 IGF-1、Ins 和 T_3 水平无显著影响。可能原因是维生素 E 由母猪胎盘转运至胎儿的量非常有限，且维生素 E 作为非水溶性的维生素，易于在仔猪机体内贮存，所以低水平维生素 E 已满足仔猪激素分泌的需要。在本试验中，母猪饲粮中添加高水平的维生素 E 会降低初生仔猪血清 Glu 水平，这一结果还需进一步探究其机理。本试验还进一步表明饲粮中不同硒源与维生素 E 水平对断奶仔猪血清 T_4 水平有显著的交互作用，表明 SY 与高水平的维生素 E 协同促进低活性的 T_4 向高活性的 T_3 转化，共同促进仔猪的发育生长，提高本试验中仔猪的断奶头数和断奶窝重。

4 结　论

在母猪妊娠期和哺乳期饲粮中添加 SY 和高水平维生素 E 会影响初生仔猪和断奶仔猪内脏器官的发育，且添加 SY 比添加 SS 可提高初生仔猪血清 IGF-1、Ins 和 T_3 水平，此外，SY 和维生素 E 可通过互作效应促进断奶仔猪血清中 T_4 向 T_3 转化。

参考文献：

[1] SIVERTSEN T,VIE E,BERNHOFT A,et al.Vitamin E and selenium plasma concentrations in weanling pigs under field conditions in Norwegian pig herds[J].Acta Veterinaria Scandinavica,2007,49:1.

[2] 刘向阳.动物营养中维生素 E 的研究与应用进展[J].中国畜牧杂志,2012,48(20):28–31.

[3] PAPPAS A C,ZOIDIS E,SURAI P E,et al.Selenoproteins and maternal nutrition[J].Comparative Biochemistry and Physiology Part B:Biochemistry and Molecular Biology,2008,151(4):361–372.

[4] MAHAN D C,PENHALE L H,CLINE J H,et al.Efficacy of supplemental selenium in reproductive diets on sow and progeny performance[J].Journal of Animal Science,1974,39(3):536–543.

[5] SVOBODA M,KOTRBÁČEK,FICEK R,et al.Effect of organic selenium from Se-enriched alga (*Chlorella* spp.) on selenium transfer from sows to their progeny[J].Acta Veterinaria Brno,2009,78(3):373–377.

[6] FORTIER M E,AUDET I,GIGUÈRE A,et al.Effect of dietary organic and inorganic selenium on antioxidant status,embryo development,and reproductive performance in hyperovulatory first-parity gilts[J].Journal of Animal Science,2012,90(1):231–240.

[7] ANAN Y,OGRA Y,SOMEKAWA L,et al.Effects of chemical species of selenium on maternal transfer during pregnancy and lactation[J].Life Sciences,2009,84(25/26):888–893.

[8] ZHAN X A,QIE Y Z,WANG M,et al.Selenomethionine:an effective selenium source for sow to improve Se distribution,antioxidant status,and growth performance of pig offspring[J].Biological Trace Element Research,2011,142(3):481–491.

[9] YOUNG L G,MILLER R B,EDMEADES D E,et al.Selenium and vitamin E supplementation of high moisture corn diets for swine reproduction[J].Journal of Animal Science,1977,45(5):1051–1060.

[10] MAHAN D C.Assessment of the influence of dietary vitamin E on sows and offspring in three parities:reproductive performance,tissue tocopherol,and effects on progeny[J].Journal of Animal Science,1991,69(7):2904–2917.

[11] CHEN J,HAN J H,GUAN W T,et al.Selenium and vitamin E in sow diets: Ⅰ.Effect on antioxidant status and reproductive performance in multiparous sows[J].Animal Feed Science and Technology,2016,221:111–123.

[12] CHEN J,HAN J H,GUAN W T,et al.Selenium and vitamin E in sow diets: Ⅱ.Effect on selenium status and antioxidant status of the progeny[J].Animal Feed Science and Technology,2016,221:101–110.

[13] ASHWORTH C J,ANTIPATIS C.Micronutrient programming of development throughout gestation[J].Reproduction,2001,122(4):527–535.

[14] 彭西.日粮硒对雏鸡免疫功能影响的机理研究[D].博士学位论文.雅安:四川农业大学,2012:89–90.

[15] 李星.母种猪补充不同硒源对后代乳猪生长性能的影响及作用机理的探讨[D].硕士学位论文.杭州:浙江大学,2009:49–50.

[16] FARNWORTH E R,BUTLER G,HIDIROGLOU M.Fetal pig vitamin E status[J].Nutrition Research,1995,15(8):1139–1147.

[17] 高宁,叶建锋,杨家驹,等.维生素 E 对小鼠胸腺和脾脏的组织病理学变化的影响[J].中国公共卫生学,1998,17(3):153–155.

[18] 贾建英.不同硒源对母猪后代、组织硒及血液生化指标的影响[D].硕士学位论文.雅安:

四川农业大学,2007:31–33.

[19] GUNTER S A,BECK P A,HAILLFORD D M.Effects of supplementary selenium source on the blood parameters in beef cows and their nursing calves[J].Biological Trace Element Research,2013,152(2):204–211.

[20] 张桂珍,李广生,王凡,等.硒缺乏对大鼠胰岛内分泌细胞功能的影响[J].中华内分泌代谢杂志,1995,11(1):32–35.

Effects of Dietary Selenium Sources and Vitamin E Levels during Sows' Gestation and Lactation on Organ Indices and Serum Hormone Levels of Their Progeny[i]

CHENG Lin CHEN Jun HAN Jinghe GUAN Wutai*

(*College of Animal Science*, *South China Agricultural University*, *Guangzhou* 510642, *China)*

Abstract: The study was conducted to investigate the effects of dietary selenium sources and vitamin E levels for sows on organ indices and serum hormone levels of their neonatal and weanling piglets. A 2×2 double factories design with two levels of vitamin E (30 and 90 IU/kg) and two kinds of selenium sources [sodium selenite (SS) and selenium yeast (SY)] at 0.30 mg/kg (calculated by selenium) was used. And a total of 296 Landrace×Yorkshire multiparity sows with 3 to 8 parities were allotted to four groups with 76 replicates each and 1 sow in each replicate according to parity and body condition. Four groups were 0.30 mg/kg SS+30 IU/kg vitamin E group, 0.30 mg/kg SS+90 IU/kg vitamin E group, 0.30 mg/kg SY+30 IU/kg vitamin E group and 0.30 mg/kg SY+30 IU/kg vitamin E group, respectively. The experiment was lasted from the first day of sow breeding to 21 days of age when piglets were weaned. On the day of farrowing and weaning, 8 piglets (1 pig in each nest, with similar body weight to the nest average weight, and 4 male and 4 female) from each group were selected, and after weighing, the blood was sampled to prepare serum samples, then serum levels of insulin (Ins), glucagon (Glu), triiodothyronine (T_3), tetraiodothyronine (T_4) and insulin-like growth factor-1 (IGF-1) were determined. After the blood collection, the pigs were slaughtered, and the heart, liver, spleen, kidney, pancreas, thymus, thyroid and other organs were separated and weighed The results were showed as follows: 1) compared with SS supplementation, SY supplementation in sow's diets had no significant effects on organ indices of neonatal piglets (P<0.05), but significantly increased the thyroid index of weaned piglets (P<0.05), extremely significantly decreased thymus index of weaned piglets (P<0.01), significantly increased serum Ins and T_3 levels (P<0.05) and had a trend to improve serum IGF-1 level (P=0.086) of neonatal piglets, extremely significantly lowered serum Glu and T_4 levels of neonatal piglets (P<0.01), and significantly lowered serum T_4 level of weaned piglets (P<0.05). 2) Compared with supplementation of 30 IU/kg vitamin E, supplementation of 90 IU/kg vitamin E in sow's diets significantly increased pancreas and thymus indices of neonatal piglets (P<0.05), extremely significantly increased spleen index (P<0.01) and had a trend to increase pancreas index of weaned piglets (P=0.056), significantly lowered serum Glu level of neonatal piglets (P<0.05), and had no significant effects on serum hormone levels of weaned piglets (P>0.05). 3) The interaction between selenium source and vitamin E supplemental level significantly affected thymus index of neonatal piglets and serum T_4 level of weaned piglets (P<0.05). In summary, different dietary selenium source and different dietary vitamin levels during sow gestation and lactation period can affect the development of visceral organ of neonatal piglets and weaned piglets, and dietary SY can improve serum levels of IGF-1, Ins and T_3 of neonatal piglets compared to dietary SS. In addition, SY and vitamin E can promote mutually to transform serum T_4 to T_3 of weaned piglets

Keywords: selenium source; vitamin E level; sow; piglet; organ index; hormone level

*Corresponding author, professor, E-mail:wtguan@scau.edu.cn (责任编辑　田艳明)